

# [29] 初期材令に荷重履歴のあるコンクリートの性質

正会員 迫 田 恵 三 (東海大学 海洋学部)

## 1. まえがき

コンクリートの早期脱型や、スリップフォーム工法、緊急を要する工事などにおいて、コンクリートが十分な強度を有しない若材令時に外力が加わり、コンクリートにクラックなどの損傷が生じる場合がある。このような若材令時のコンクリートの場合には、外力がたとえ小さな値であってもコンクリートの損傷は大きなものとなる。反面、若材令時のコンクリートはセメントの水和が十分でないため、たとえ多少の欠陥が生じても材令が経過するにつれ、その後、修復される可能性も考えられる。

そこで本研究では若材令時で大きな荷重を受けたコンクリートの品質が、材令の経過に伴ってどのように変化するかを調べることを目的とし、荷重の大きさ、載荷時材令の影響について実験的に検討した。

## 2. 実験概要

コンクリートの配合は表-1に示した。実験に使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。細骨材は富士川産(比重2.61, 吸水率0.6%, FM2.82), 粗骨材は富士川産(比重2.65, 吸水率1.1%, FM7.05)を使用した。圧縮試験用供試体は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を使用し、曲げ試験用供試体は $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を使用した。

表-1 コンクリートの配合

G <sub>max</sub> (mm)	Slump (Cm)	Air (%)	W/C (%)	S/c (%)	Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )				
					W	C	S	G	A <sub>100</sub>
20	8	5	50	411	165	330	716	1038	165
20	8	5	55	420	165	300	744	1035	150
20	8	5	60	431	165	275	770	1029	138

表-2は実験概要を示したが、コンクリートに載荷する初期材令としては、1, 3, 7日とした。載荷後に水中養生、空气中養生を行ない、材令3, 7, 28日に強度などの測定を行なった。載荷量の決定は材令1, 3, 7日の各々の強度を求め、その強度に対して50, 75, 100%に相当する荷重を加えた。載荷方法はJIS A1108「コンクリートの圧縮強度試験」に準じて行ない、目標とする載荷量に達したら、荷重を除去して所定の期間、養生を行なった。

表-2 実験概要

材令	3日	7日	28日	備考
シリーズ1	□	△		○ 載荷 △ 測定 □ 養生
	○	△		
	○	△		
シリーズ2	□	△		
	○	△		
	○	△		
シリーズ3	□	○	△	

測定は各材令において、圧縮強度、縦波伝播速度、ヒズミ量の測定を行なった。コンクリートの「癒着」現象を確認するために写真-1に示したような曲げ試験によって完全に二分された供試体を一定の力でボルト締めを行なって水中、空气中養生を行なった。縦波伝播速度は超音波測定機、ヒズミの測定はコンプレッションメータ(感度 $2000 \times 10^{-6}$ ヒズミ/mm)を用いて行なった。

## 3. 実験結果及び考察

### 3-1. 圧縮強度

図-1は $w/c=0.5$ の場合のコンクリートの応力・強度比と圧縮強度比の関係を表わしている。ここでいう応力・強度比は、各々の材令でのコンクリートの強度に対する応力比であり、また、圧縮強度比は水中養生、空气中養生した

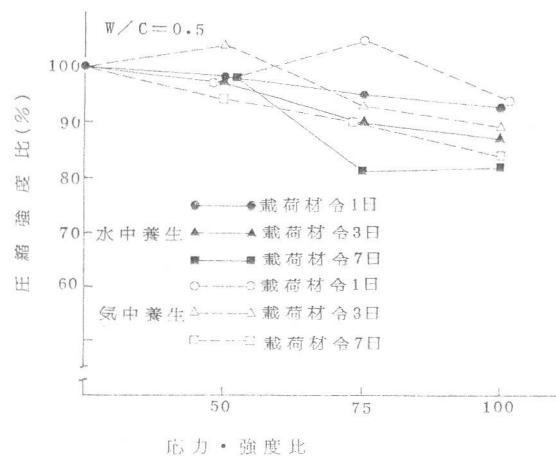


図-1 コンクリートの応力・強度比と圧縮強度比の関係

無荷荷供試体の強度を基準にした比である。この図から明らかなように応力・強度比を増すと強度は低下する傾向にあるのみならず、荷荷日材令が大きくなれば強度低下の割合も大きくなる傾向にある。荷荷日材令が初期のものほど、応力・強度比が75%を越えると、いずれの供試体も肉眼ではっきり観察できる巨視的クラックが発生する。この供試体を材令28日に圧縮試験すると、初期に生じたクラックの面が剝離するような破壊となる。しかし、強度は養生方法、荷荷日材令、応力・強度比をとっても、荷荷しない基準コンクリートの80%以上である。

図-2, 3は $w/c=0.5, 0.6$ での材令と強度の関係を表わしている。いずれの場合も荷荷日材令は1日であり、材令による強度の変化をみたものである。水中養生したものは応力・強度比に関係なく、無荷荷なものと同化した強度の変化を示している。空气中養生したものは材令7日以後の強度の伸びは極めて小さい。また、空气中養生で応力・強度比が100%の場合でも、無荷荷と同じような強度の変化を示すのは、荷荷日材令が1日の場合である。これは荷荷時において肉眼で観察できるクラックが発生するような損傷を受けても、例えば、初期の材令の強度に影響を与えるセメントの $C_3S$ の水和度は、材令1日で30~40%といわれていることを考えれば、その後の水和作用によりクラックが癒着するためと考えられる。

### 3-2. 縦波伝播速度

図-4, 5, 6は応力・強度比と縦波伝播速度の関係である。これらの図はいずれも各荷荷日材令における荷荷直前と直後の縦波伝播速度(以下、音速と称す)を測定したものと、その供試体を28日間養生したものとの比較である。荷荷直前の値は応力・強度比を0%で表示したものと同程度とみなしてよい。図-4は荷荷日材令が1日のものであるが、荷荷直後の音速は応力・強度比を増すと低下する傾向にある。特に応力・強度比が100%のものは、かなりの音速の低下を示すが、これは明らかにコンクリート内部にクラックが生じたためであると考えられる。しかし、材令28日では無荷荷なものと同じ値になっている。荷荷日材令3日では水和がかなり進んだためか、音速も材令28日の値に近くなっている。荷荷日材令1日に比較して、

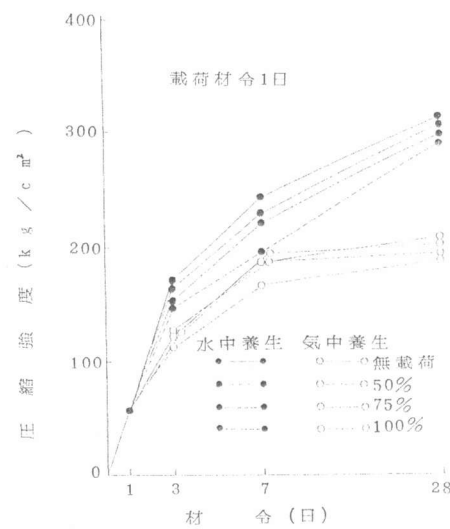


図-2 材令と圧縮強度の関係

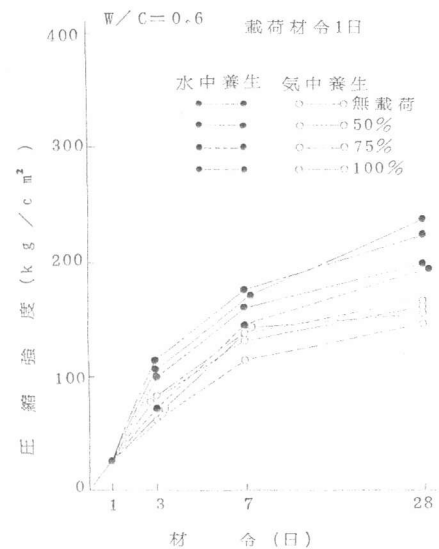


図-3 材令と圧縮強度の関係

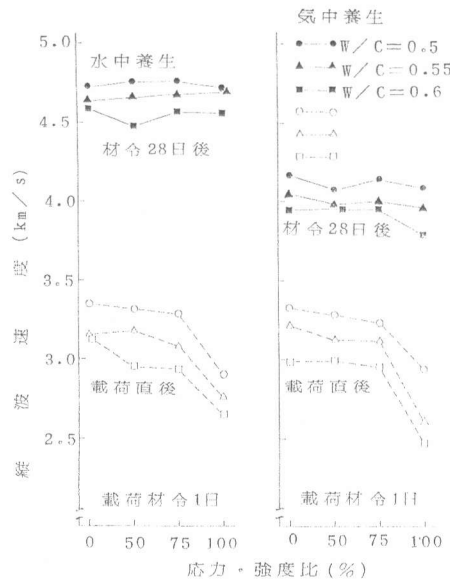


図-4 縦波速度と応力強度比

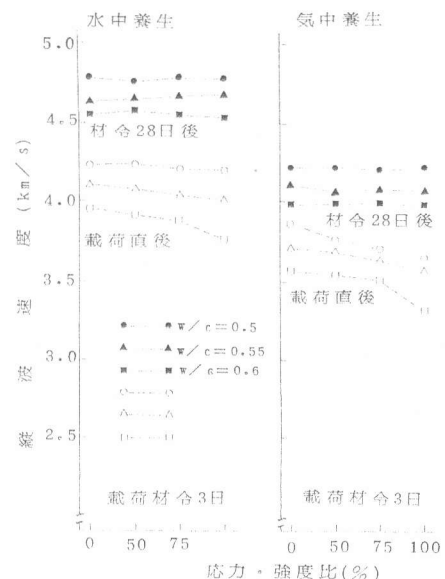


図-5 縦波速度と応力強度比

載荷直後の音速は、応力・強度比を増してもあまり大きな変化はみられない。この材令における載荷でも、音速は無載荷の値とほぼ同じである。載荷日材令7日では載荷直後でも、材令28日の音速に近い値を示す。水和作用が材令とともに進み、コンクリートが密になったものと考えられる。

図-7, 8は載荷日材令1日と3日の材令による音速の変化を示す。一般に音速は材令が大きくなると、材令に伴って大きくなるといわれている。載荷日材令1日のものは、載荷直後に応力・強度比によって音速にはかなりの差があるが、材令3日になるとその差はほとんどなくなってしまふ。材令7, 28日になると無載荷なものと同様同じ値である。この傾向は水セメント比、養生方法が異なっても同様である。載荷日材令3日のものは、載荷日材令が1日のものと同様似たような音速の変化が認められる。

以上のようにコンクリートの音速に影響を与えるものは、水セメント比、養生方法、クラックの有無などであるが、若材令時に荷重を受けたものは、載荷日材令、応力・強度比に関係なく、材令28日では無載荷なものと同程度の速度を示す。載荷日材令1日ではコンクリートの強度も弱く、載荷によってクラックが生じるが、材令の経過に伴って内部のクラックが癒着するものと考えられる。

### 3-3. 静弾性係数

図-9, 10は応力-ヒズミ曲線の一例である。載荷日材令1日の場合の、材令3日, 7日, 28日後の応力-ヒズミ曲線の変化を示している。載荷日材令が1日では、応力・強度比が100%の場合で、ヒズミは $2000 \times 10^{-6}$ を越えているが、50, 75%では水セメント比によって異なるが、大体、 $500 \times 10^{-6}$ 以下である。材令が3, 7日では応力・強度比によって応力・ヒズミ曲線は異なっているが、材令28日では無載荷なものと同じような形と

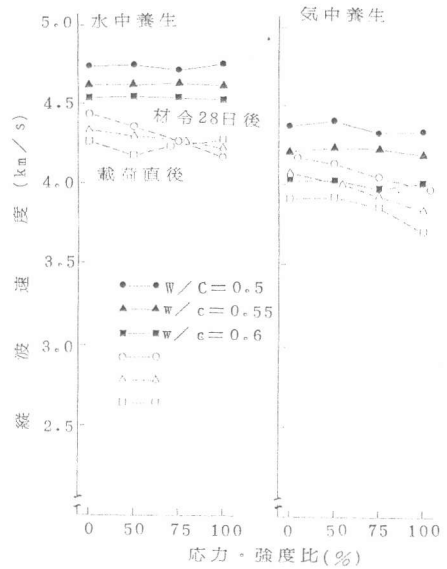


図-6 縦波速度と応力強度比 (載荷材令7日)

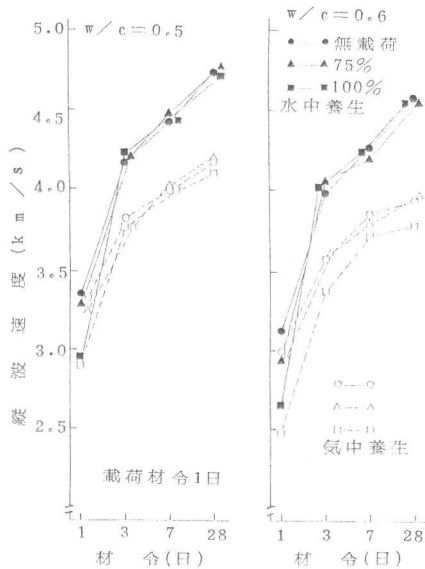


図-7 材令と縦波速度

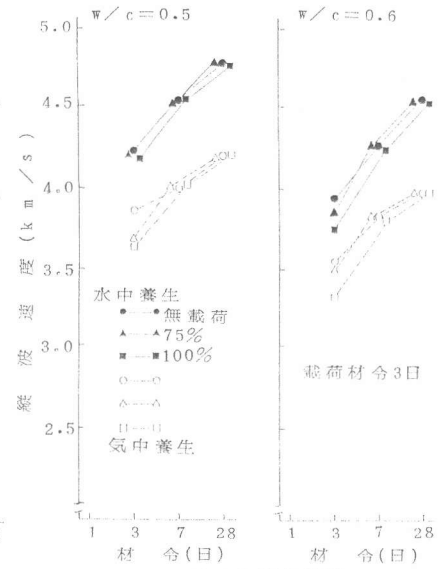


図-8 材令と縦波速度

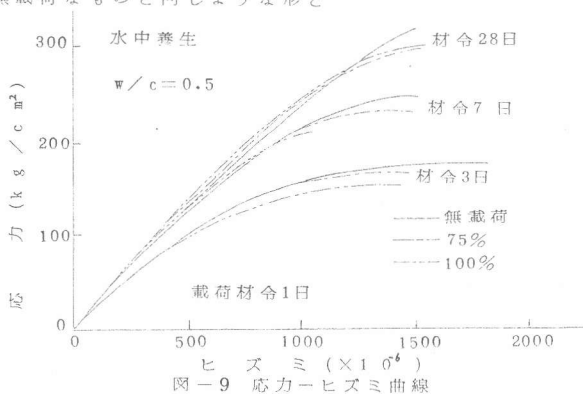


図-9 応力-ヒズミ曲線

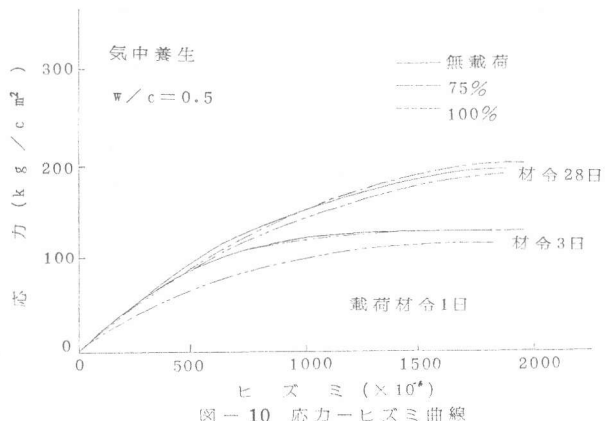


図-10 応力-ヒズミ曲線

なった。水中養生と空气中養生を比較すると、空气中養生の方が応力-ヒズミ曲線の立上りの勾配は緩やかであり、同一材令におけるヒズミ量も多い結果となっている。

図-11は材令28日での圧縮最大荷重時のヒズミ量を表わしているが、全体的な傾向としては、応力・強度比が100%の場合には、無荷重なものと比較してヒズミ量は低下する。これはブリージングなどによって生じた空隙が、若材令時で荷重されることによって圧縮され、ヒズミが減少したものと考えられる。この結果は図-12に示したように、水中養生で応力・強度比が大きくなると、静弾性係数もわずかに大きくなる傾向として表われている。

### 3-4. 曲げ試験

写真-1のように曲げ試験によって完全に二分された試料でも、材令28日後には写真-2のように接着する。しかし、この供試体の強度は図-13に示すように、養生方法、応力・強度比によってかなり異なる。

水中養生のものは応力・強度比が100%でも接着はするが、3等分点荷重法では強度は得られなかった。これに対して水中養生したものは、無荷重なものに比較して約35%の強度を示した。

図-14は材令28日における曲げ試験前の供試体の音速を示している。音速はたとえ応力・強度比が100%でも、無荷重なものと同じような値となった。

### 4. まとめ

初期材令に荷重履歴のあるコンクリートについて実験的検討を行なった。その結果、(1)圧縮強度は荷重日材令、応力・強度比によって強度が左右されるが、無荷重の強度の80%以上の強度を示す。(2)縦波伝播速度は荷重日材令、応力・強度比にかかわらず、材令28日後には無荷重と同程度である。(3)静弾性係数は無荷重なものと比較して、水中養生で同程度、空气中養生では小さくなる。(4)完全に二分された試料でも圧着して養生すると、材令28日後には癒着する。

縦波速度は無荷重なものと同程度であるが、強度はかなり小さい。

本研究において東京大学生産技術研究所小林一輔教授、魚本健人助教授のご指導をえた。深く感謝する次第である。

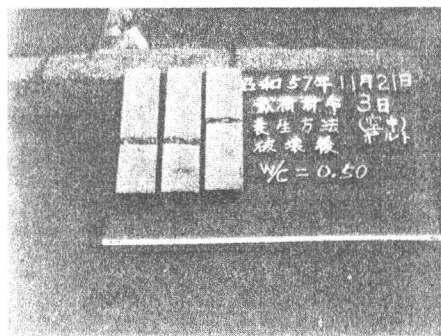


写真-1 曲げ試験後の試料

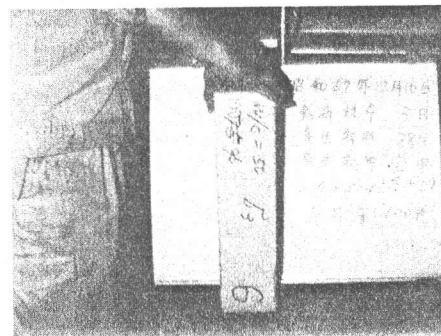


写真-2 材令28日後の試料

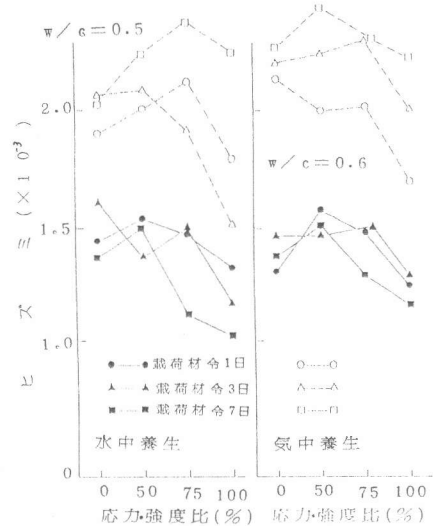


図-11 圧縮最大荷重時の最大ヒズミ(材令28日)

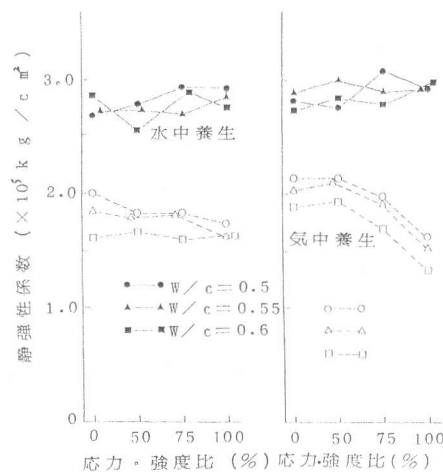


図-12 応力強度比と静弾性係数(材令28日)

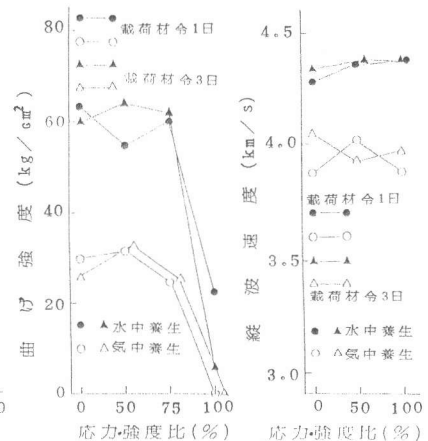


図-13 応力強度比と曲げ強度

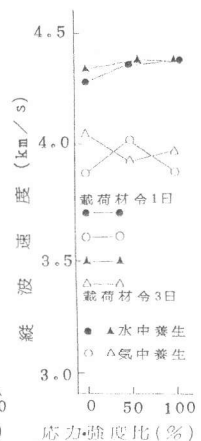


図-14 応力強度比と縦波速度